

ФОРМУВАННЯ КОГЕРЕНТНО-ІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМПЛЕМЕНТАРНИХ КОДІВ

**Чесановський Іван Іванович¹, кандидат технічних наук, доцент; Ткачук
Андрій Васильович²**

¹Національна академія Державної прикордонної служби України імені
Б. Хмельницького, м. Хмельницький, Україна

²Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

Когерентно-імпульсні сигнали (КІС), є основою більшості сучасних радіолокаційних систем (РЛС), оскільки володіють вираженими кореляційними властивостями, одночасно в часовій і частотній області. Досягати цих властивостей вдається за рахунок поєднання двох взаємовиключних підходів – штучного розширення частотного спектру сигналу за рахунок дискретизації внутрішньої структури сигналу (модуляція імпульсними послідовностями), що дає змогу підвищити роздільну здатність в часовій області та когерентне збільшення тривалості сигналу, що дає змогу досягти звуження спектру сигналу в окремих часових зрізах і забезпечити високу роздільну здатність в розрізі доплерівських зміщень. Сучасний стан елементної бази, дає змогу поєднати ці підходи шляхом застосування комплексних модулюючих функцій, пошук яких зводиться до розв'язку задачі синтезу сигналів з оптимальною формою функції невизначеності (ФН).

Задача синтезу сигналів за заданою формою автокореляційної функції (АКФ) і частково з заданою формою ФН була сформульована в [1]. В цій же роботі було узагальнено практичні і перспективні теоретичні шляхи її розв'язку для широкого класу сигналів, відомих в той час. В роботі [2] показано актуальність даної задачі і на сучасному етапі розвитку теорії сигналів та радіотехнічних систем, особливо в частині синтезу КІС, що задовольняють сучасним вимогам до РЛС. Один із можливих шляхів розв'язку задачі синтезу КІС, є використання модулюючих послідовностей імпульсів побудованих на основі комплементарних послідовностей.

Комплементарними, є послідовності, що володіють зоною нульових значень біля головної пелюстки АКФ (рис. 1). Отримують комплементарні послідовності на основі різних наборів ортогональних кодів. В загальному вигляді математична модель когерентно-імпульсного сигналу, утвореного на основі комплементарної послідовності імпульсів має вигляд

$$\dot{s}(t) = \sum_{p=1}^P \sum_{m=1}^M \dot{a}_{p,m} \dot{s}_m [t - (p-1)T_r], \quad (1)$$

де $\dot{s}(t)$ — комплексна обвідна m -го імпульсу, $\dot{a}_{p,m}$ — елемент матриці A , яка містить ансамбль ортогональних кодів.

Матриця $A(P, M)$ утворюється з P ортогональних кодів, кожний з яких

є її рядком, що містить M елементів.

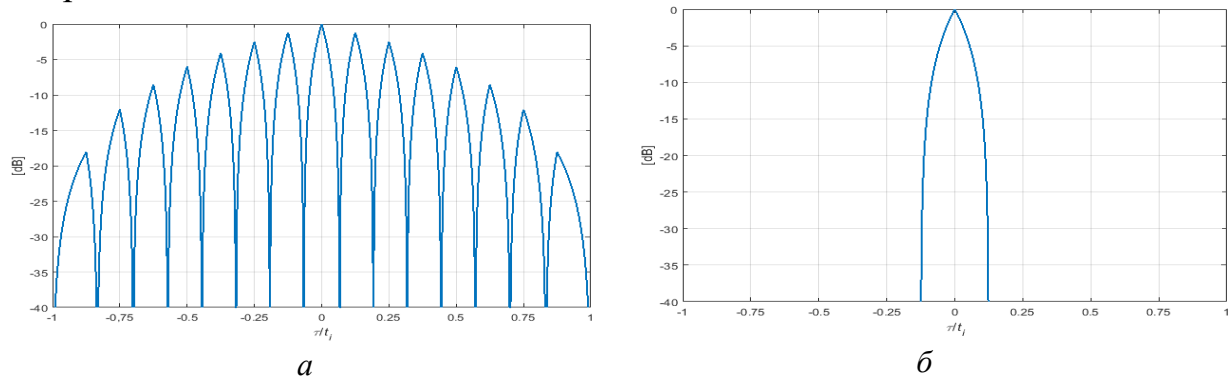


Рисунок 1. АКФ в межах тривалості одного пакету імпульсів: *а* — простої послідовності; *б* — комплементарної послідовності

Як приклад, можна привести матрицю $A(P, M)$ побудовану на основі матриці Адамара:

$$H_{(8)} = \begin{Bmatrix} +1+1+1+1+1+1+1+1; +1-1+1-1+1-1+1-1; +1+1-1-1+1+1-1-1; \\ +1-1-1+1+1-1-1+1; +1+1+1-1-1-1-1; +1-1+1-1-1+1-1+1; \\ +1+1-1-1-1-1+1+1; +1-1-1+1-1+1+1-1 \end{Bmatrix}$$

$$A(P, M) = \begin{Bmatrix} +1+1+1+1+1+1+1+1; +1+1-1-1-1+1+1+1; +1-1-1+1+1-1+1+1; \\ +1+1+1+1-1-1-1-1; +1-1+1-1+1-1+1-1; +1+1-1-1+1+1-1-1; \\ +1-1+1-1-1+1-1+1; +1-1-1+1-1+1+1-1 \end{Bmatrix}$$

Дослідження показують, що досягнення такого відчутного виграшу в АКФ (рис. 1) супроводжується підвищенням чутливості до доплерівських зміщень частоти в сигналі.

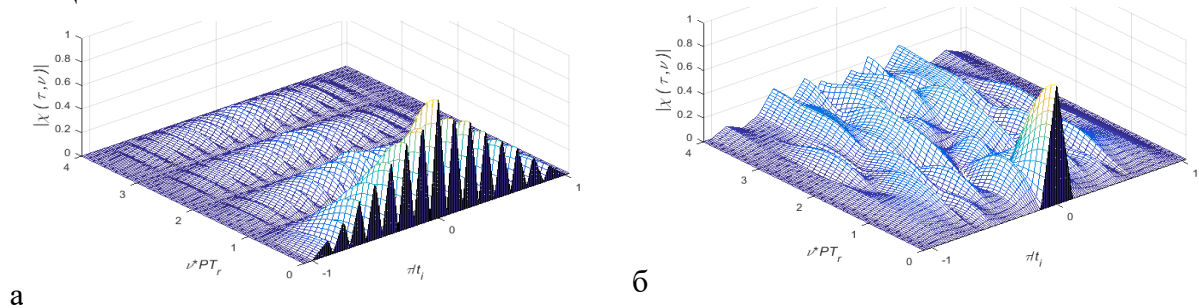


Рисунок 2. Перетин ФН сигналу в межах тривалості одного пакету, при застосуванні: *а* — простої послідовності; *б* — комплементарної послідовності

На рис. 2 приведено перетини функцій невизначеності в межах зони сильної кореляції для моделі сигналу, побудованої на основі простої послідовності імпульсів (рис. 2, а) і побудованої на основі комплементарного коду (рис. 2, б).

З приведених графіків видно, що кодування комплементарними кодами дає змогу отримати базу для побудови системи сигналів функція невизначеності яких потенційно близька до ідеальної. Для цього, необхідно застосувати стандартний для когерентно-імпульсних послідовностей підхід – кутову модуляцію носійної при формуванні пакетів імпульсів.

На рис. 3 приведено результат застосування нелінійної модуляції носійної при формуванні пакету імпульсів. В прикладі, в якості модулюючої функції використано функцію Прайса [2] і комплементарний код, отриманий на основ матриці PONS [2].

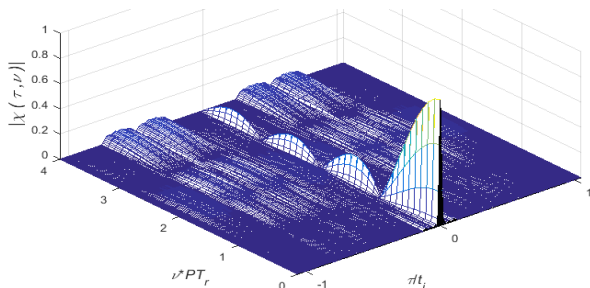


Рисунок 3. Перетин ФН сигналу при застосуванні PONS послідовності НЛЧМ носійної

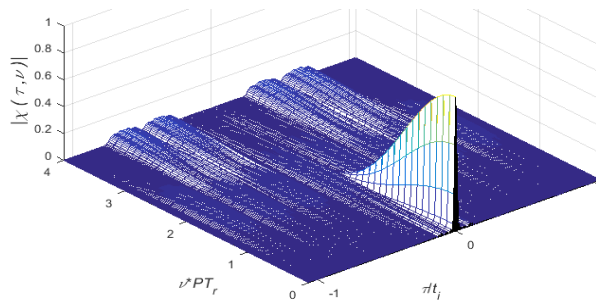


Рисунок 4. Перетин ФН сигналу при застосуванні PONS послідовності НЛЧМ носійної і вагової обробки

На рис. 4 приведено перетин ФН сигналу в межах тривалості одного пакету імпульсів, при застосуванні PONS послідовності НЛЧМ носійної і вагової обробки імпульсів. Як видно з рисунку, форма поверхні ФН практично наближається до ідеальної. Рівень сплесків в зоні сильної кореляції не перевищує -40 дБ, що досягається, в першу чергу, за рахунок застосування комплементарних послідовностей. Слід зазначити, що при побудові даних моделей використовувались типові матриці і тому при виборі більш досконалих систем кодів результат може бути значно кращим.

Перелік посилань

1. Вакман Д. Е., Седлецкий Р. М. Вопросы синтеза радиолокационных сигналов. М.. «Советское радио», 1973, 312 с.
2. Radar signals. Nadav Levanon, Eli Mozeson / Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. — 2004. - 432 p.

Анотація

Представлені результати дослідження нового класу когерентно-імпульсних сигналів побудованих з використанням комплементарних послідовностей. Показано потенційні можливості даного типу сигналів, щодо їх роздільної здатності.

Ключові слова: когерентно-імпульсні, комплементарні, роздільна здатність.

Аннотация

Представлены результаты исследования нового класса когерентно-импульсных сигналов построенных с использованием комплементарных последовательностей. Показано потенциальные возможности данного типа сигналов, по их разрешающей способности.

Ключевые слова: когерентно-импульсные, комплементарные, разрешение.

Abstract

The results of the study of a new class of coherent-pulse signals constructed using complementary sequences are presented. The potentials of the signals type in terms of their resolution, are shown demonstrated.

Keywords: coherent-pulse, complementary, resolution.